

**Die Wirkung von Supramidfäden
aufs Gewebe und ihre Brauchbarkeit
als Cerclagematerial
in der Knochenbruchbehandlung**

Franz Xaver Sailer

Druck : Anneliese Schubert, München 5, Corneliusstraße 21, Telefon 221777

AUS DER CHIRURGISCHEN KLINIK DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Direktor: Professor Dr. E. K. FREY

DIE WIRKUNG
VON SUPRAMIDFÄDEN AUFS GEWEBE
UND IHRE BRAUCHBARKEIT ALS CERCLAGEMATERIAL
IN DER KNOCHENBRUCHBEHANDLUNG

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät der
Ludwig - Maximilians - Universität zu München

vorgelegt von

Franz Xaver Sailer

aus Landshut

München 1959



Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Referent: Professor Dr. E. K. FREY

Dekan: Professor Dr. K. KOLLE

Tag der mündlichen Prüfung: 9.6.59

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. Theoretischer Teil:	5
a) Einleitung	
b) Was ist Supramid?	
c) Eigenschaften von Supramid	
d) Anwendungsmöglichkeiten von Supramid	
II. Experimenteller Teil:	10
a) Allgemeine Operationstechnik	
b) Spezielle Operationstechnik	
c) Histologische Technik	
d) Histologischer Befund	
e) Auswertung	
f) Cancerogenität	
III. Klinischer Teil:	22
a) Vorteile	
b) Technik	
c) Ergebnisse	
Zusammenfassung	25



Digitized by the Internet Archive
in 2026

DIE WIRKUNG VON SUPRAMIDFÄDEN AUF DAS GEWEBE UND IHRE BRAUCHBARKEIT ALS CERCLAGEMATERIAL IN DER KNOCHENBRUCHBEHANDLUNG

THEORETISCHER TEIL

a) Einleitung

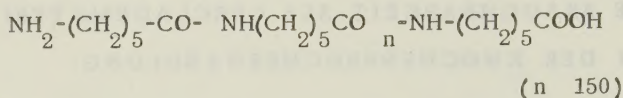
Schon seit es eine Chirurgie gibt, ist der operativ tätige Arzt auf der Suche nach einem Material, das er in den menschlichen Körper einbauen kann, sei es als Nahtmaterial, sei es als Ersatz für Gewebsdefekte. Auf dieser Suche wurden nun alle möglichen Stoffe erprobt, aber es gelang weder mit Holz, noch mit Metallen oder deren Legierungen, noch mit Glas, Gummi, Elfenbein, Horn, Paraffin oder sonst einem Stoff, auf die Dauer und regelmäßig gute Resultate zu erzielen. Der menschliche Organismus ließ sich nicht überlisten. Er erkannte sie als Fremdkörper und suchte sich ihrer zu erwehren. Teils waren sie auch durch ihre Konsistenz nicht in eine brauchbare Form zu bringen.

In neuerer Zeit schuf nun die moderne Chemie Stoffe, die hervorragende mechanische Eigenschaften haben. Was lag also näher, als sie auf ihre Brauchbarkeit in der operativen Medizin zu prüfen. Einer dieser Stoffe ist das Supramid.

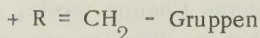
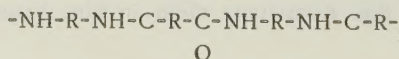
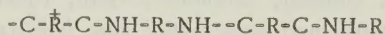
Der Sinn dieser Arbeit soll es nun sein, die für die Medizin wichtigen Eigenschaften von Supramid zusammenzufassen, einige seiner Anwendungsmöglichkeiten zu streifen, in einem tierexperimentellen Teil seine Wirkung auf Muskel-, Haut-, Sehnen- und Knochengewebe zu beobachten und an Hand von Tierexperimenten und klinischen Fällen seine Eignung als Cerclagematerial für Knochenbrüche zu untersuchen.

b) Was ist Supramid?

Supramid ist ein besonders reines 6-Polyamid, also Polycaprolactam der Formel:



Es wird von der Badischen Anilin- und Sodafabrik hergestellt. Nach HOPFF gehört dieser Kunststoff zu der Gruppe der linearen Polykondensationsprodukte. Diese entstehen allgemein ausgedrückt durch Reaktion von zweibasischen Carbonsäuren mit Diaminen bzw. durch Selbstkondensation von Aminocarbonsäuren oder deren Lactamen. Dabei reagiert die Carboxylgruppe mit der Aminogruppe unter Abspaltung von Wasser und Ausbildung der CO-NH-Gruppe. Eine besonders große Festigkeit erhält der Stoff noch dadurch, daß die NH- und die CO-Gruppe durch polare Kräfte sich einander gegenüberlagern, sodaß folgende Anordnung entsteht.



c) Eigenschaften von Supramid

Wenn wir nun diese Formel betrachten, so fällt auf, daß dieser Stoff durch seine CO-NH-Bindung Ähnlichkeit mit den natürlich vorkommenden Eiweißen hat. Dadurch wäre seine gute Gewebsverträglichkeit erklärlich. Trotzdem wird er, wie Versuche bewiesen, durch eiweißspaltende Fermente nicht angegriffen. Auch die übrigen Gewebsäfte greifen ihn nicht an.

Eine weitere Eigenschaft ist die gute Verarbeitungsmöglichkeit. In heißem Wasser ist Supramid von knorpelähnlicher Konsistenz und läßt sich mit dem Messer leicht schneiden. Es kann aber auch im Spritzguß verarbeitet werden und dadurch praktisch in jede beliebige Form, vom Block über die dünnste Folie bis zum Faden, gebracht werden. Supramid kann sowohl durch Kochen als auch durch Trockensterilisation beliebig oft keimfrei gemacht werden, ohne seine Eigenschaften zu verändern. Gegen Oxydations- und Reduktionsmittel sowie Basen und Säuren ist es sehr beständig. Nur in Phenolen und stark konzentrierten organischen und anorganischen Säuren und einigen wenigen Speziallösungsmitteln ist es löslich. Menschliche Galle und Magensaft greifen es nicht an. Wegen dieser Eigenschaften kann es also im menschlichen Körper praktisch überall verwandt werden, ohne daß es angegriffen würde. Es kann dauernd Temperaturen bis 80°C ausgesetzt werden, ohne sich zu verändern und ist schwer entflammbar. Sein spezifisches Gewicht beträgt $1,13\text{ g/ccm}$, sein Schmelzpunkt liegt bei $215 - 220^{\circ}\text{C}$. Es ist je nach Dicke trüb bis undurchsichtig und kann gefärbt werden. Die Werte für die Zugfestigkeit, Reißfestigkeit, Bruchdehnung, Längenausdehnungszahl, Gewichtszunahme bei Wassereinlagerung sind günstig. Die genauen Werte anzugeben ist jedoch nicht möglich, da diese mit den Umwelteinflüssen und Herstellungsbedingungen etwas schwanken. Die langkettigen Polyamidmoleküle können nämlich in geordneter kristalliner oder ungeordneter amorpher Form vorliegen, wobei die Art, Größe und Häufigkeit dieser Ordnungszustände weitgehend von den Herstellungsbedingungen abhängt und diese damit die Werte beeinflussen.

In einem eigenen Abschnitt möchte ich jetzt noch auf die Eigenschaften von Supramidfäden in Bezug auf ihre Verwendbarkeit in der Chirurgie eingehen, da dieser Stoff wohl in dieser Form am häufigsten angewandt wird. An ein chirurgisches Nahtmaterial stellen wir zunächst die Anforderung, daß es leicht und beliebig oft absolut keimfrei zu machen ist. Catgut ist überhaupt nicht sicher keimfrei zu machen. Bei seiner Resorption können deshalb Bakterien frei werden, die im Inneren waren und zu Eiterungen führen. Seide und Zwirn sind zwar sicher keimfrei zu machen, wiederholtes Kochen setzt aber ihre Zugfestigkeit herab. Supramid kann durch Kochen und

Trockensterilisation beliebig oft keimfrei gemacht werden und ändert dabei seine Eigenschaften nicht. Nahtmaterial muß auch bei kleinem Durchmesser zugfest sein. Eine vergleichende Prüfung von Catgut, Zwirn und Supramid der Technischen Hochschule München, die von LINDER und SCHWAIGER veröffentlicht wurde, ergab die Überlegenheit des letzteren.

Durch seine geringe Quellbarkeit und seine glatte Oberfläche bietet der Supramidfaden Bakterien keine Schlupfwinkel. Die glatte Oberfläche gewährleistet auch eine möglichst geringe Verletzung des umgebenden Gewebes bei der Naht. Ein Nachteil des monofilen Supramidfadens ist seine Starrheit und damit die Schwierigkeit, mit ihm einen sicher haltenden Knoten zu machen. Dieser Nachteil wurde dadurch beseitigt, daß dünnste Supramidfäden miteinander verzwirnt und mit einem Strumpf aus dem gleichen Material überzogen wurden. In diesem polyfilen Faden hat man nun ein Nahtmaterial, das nicht starr ist, absolut leicht und sicher haltbar geknüpft werden kann und doch noch die Vorteile einer glatten Oberfläche hat. Der Supramidfaden wird im Gewebe nicht resorbiert.

d) Anwendungsmöglichkeiten von Supramid

Wie schon erwähnt, ist heute wohl das Supramid am verbreitetsten als Naht- und Unterbindungsmaterial. Viele Kliniken und Krankenhäuser verwenden es routinemäßig. BARTHOLOME berichtet über aseptische Operationen mit Supramid-Extrafäden (= Polyfile Fäden), die hierbei für jegliche Gewebsarten verwandt wurden, wie z.B. Haut, Fettgewebe, Fascie, Sehne, Peritoneum, Gefäße, Strumagewebe, Gelenke und spricht dabei über eine nahezu "unglaubliche Zahl" von reizlosen Heilungen. SCHEDEL und SCHWAIGER verwandten die Supramidfäden als Cerclagematerial für Schräg- und Spiralknochenbrüche. SCHWAIGER rät in einem späteren kurzen Hinweis allerdings von der Supramidumschlingung ab, da er einige Male Störungen in der Knochenbruchheilung feststellte. Auf diesen Punkt möchte ich aber noch genau im experimentellen Teil der Arbeit eingehen. SCHWAIGER

nahm außerdem Supramidfolien als Ersatz für Duralücken bei einem Hund. Die Einheilung erfolgte glatt und es traten keine Adhäsionen zwischen Folie und Pia auf. Einen durchtrennten Ischiadicus hülste er in eine Supramidfolie ein. In der Hülse fanden beide Nerventümpfe glatten Anschluß aneinander, ohne daß die Folie vom Nerven oder vom umgebenden Bindegewebe durchwachsen worden wäre. Ebenso machte er es mit einer durchtrennten Sehne, die ein entsprechend günstiges Bild ergab. Als künstliche Sehnenscheide verhindert Supramid die Verwachsung mit der Umgebung. SCHWAIGER empfiehlt Supramid weiter für Dauergallengangsprothesen. Er berichtet auch über erfolgreich durchgeführte Choledochusüberbrückungsprothesen in mehreren Fällen. Bei Nasenplastiken entfällt die Knochenspanentnahme. P.CIBIS führte plastische Stumpfbildungen nach Enukleationen, Ersatz von Knochendefekten der Orbitalumrandung und Ersatz des Jochbeins mit gutem Erfolg mit Supramid durch. Außerdem nahm er Supramid als Schaltsubstanz zur Verbindung von Knochendefekten, zur Lidhebung und als Lidersatz mittels eines dem unteren Orbitalrand aufsitzenden gefensterten Supramidsteges, für Ptosisoperationen mittels gefensterter Lidplatte. Bei fast allen diesen Operationen beobachtete er glänzende Einheilungen, nur in den ersten Tagen reagierten die Mehrzahl der Fälle mit einem leichten Ödem der Haut und Bindehaut, das jedoch gewöhnlich am vierten Tag nach der Operation deutlich abklang. Ebenso wurde das Supramid erfolgreich in der operativen Orthopädie und Gynäkologie angewandt. Auch für die wiederherstellende Chirurgie wäre das Supramid sehr geeignet, da es leicht, auch in die kompliziertesten Formen gebracht werden kann und wegen der geringen Reizwirkung auf die Umgebung keine Abstoßungstendenz besteht. Da es keinen Ab- und Umbauvorgängen unterliegt, ergibt es kosmetisch gute Resultate. Die Anwendungsmöglichkeiten ließen sich beliebig erweitern. Zusammenfassend kann man aber wohl sagen, daß Supramid wegen seiner Eigenschaften als alloplastisches Material gut geeignet ist.

EXPERIMENTELLER TEIL

a) Allgemeine Operationstechnik

Zur Prüfung der Wirkung von Supramid verwandte ich Meerschweinchen und zwar ausgewachsene männliche Tiere aus derselben Zucht. Die Tiere wurden im Tierstall der Chirurgischen Universitätsklinik gehalten und konnten durch das freundliche Entgegenkommen von Herrn Professor E. WERLE im Tieroperationssaal der Chirurgischen Klinik operiert werden. Dabei gingen wir folgendermaßen vor:

Jeder Versuch wurde grundsätzlich dreifach angesetzt, da Meerschweinchen, die uns für die Versuche zur Verfügung standen, für längere Narkosen und auch für intercurrente Krankheiten sehr empfindlich sind. Die Narkose wurde mit Narkoseäther durchgeführt und dauerte pro Tier ca. 30 Minuten im Durchschnitt. Das verwandte Operationsbesteck war das übliche zuzüglich einer kleinen Dreikantfeile zum Feilen der Knochenrillen. Nach sorgfältiger Rasur und Jodierung der Haut wurden die Supramidfäden im Bereich der Beckengürtelmuskeln in die Muskulatur versenkt und auch Aponeurose und Haut darüber mit Supramid wieder vernäht. Anschließend wurde noch einmal jodiert und die Tiere ohne jeden Schutzverband gelassen. Für die Prüfung der Wirkung von Supramidfäden aufs Knochengewebe benutzten wir die hinteren Extremitäten und zwar den Femur etwa in der Mitte. Nach Rasur und Jodierung wurde an der dorsalen Seite des Oberschenkels eingeschnitten, die Fascie gespalten, die Muskulatur beiseite gedrängt und entweder unter Schonung oder Durchfeilung des Periosts, wie später genauer ausgeführt, eine oder zwei halbkreisförmige Rillen in den Knochen gefeilt, mit einem Deschamps der Supramidfaden um den Knochen herumgeführt, in die Rille eingelagert und dreifach unter starkem Zug geknüpft. Dabei wurde darauf geachtet, daß keinerlei die Kallusbildung beeinflussende Faktoren an die Knochenbrille herankamen, insbesondere kein Jod, das ja die Kallusbildung verzögern soll. Fascie und Haut wurde wieder mit Supramid vernäht und die Haut jodiert. Auch diese Tiere bekamen weder Verband

noch Schiene oder irgendwelche Medikamente. Die operativen Eingriffe vertrugen die Tiere ausgezeichnet, die letalen Fälle gingen größtenteils zu Lasten der Narkose und postnarkotischer Komplikationen. Schon nach wenigen Stunden fraßen die Tiere wieder und zeigten kaum noch Operationsnachwirkungen.

b) Spezielle Operationstechnik

Um nun Klarheit sowohl über die akute Reaktion als auch über den Verlauf der Einheilung zu erhalten, wurde die Laufzeit der Versuche verschieden gehalten und zwar betrug sie für die kürzeste Serie drei Tage, die weiteren Versuchsserien liefen 8 Tage, 3 Monate und 6 Monate. Bei diesen Tieren wurden jeweils 3 Nähte auf engstem Raum an oben bereits beschriebener Stelle in die Muskulatur eingelagert und die Aponeurose und Haut darüber mit Supramid vernäht. In einer weiteren Reihe mit 6-monatiger Laufzeit wurde zum Vergleich Seide benutzt.

Die Knochenversuche liefen alle mit einer Ausnahme 3 Monate. Hier wurde, um die Supramidwirkung von der Periostwirkung abgrenzen zu können und um das Verhalten dem Periost gegenüber bei der Frakturcerclage feststellen zu können, folgendermaßen variiert: Bei der ersten Versuchsreihe wurde das Periost gespalten, vorsichtig zurückgeschoben, eine halbkreisförmige Rille gefeilt, um den Knochen ein Supramidfaden (Stärke 0,2) geführt und in die Rille eingelagert; dann wurde das Periost wieder darübergezogen und vernäht.

In der zweiten Reihe wurde das Periost im Abstand von ca. 0,5 cm auf Fadendicke beseitigt und an diesen Stellen ohne Knochenrille 2 Fäden um den Knochen geführt und straff dreifach geknüpft.

In der dritten Reihe feilten wir zwei Knochenrillen halbkreisförmig im Abstand von ca. 0,5 cm durch das Periost hindurch, führten 2 Supramidfäden um den Knochen und lagerten sie in die beiden Rillen ein.

In der vierten Reihe feilten wir eine Knochenrinne halbkreisförmig durch das Periost hindurch, führten einen Supramidfaden um den Knochen und lagerten ihn in die Rinne ein. Dieser Versuch lief als einziger Versuch 6 Monate.

In der fünften Reihe wurde das Periost auf weite Strecke abgeschoben, 2 Knochenrinnen halbkreisförmig im Abstand von ca. 0,5 cm in den Knochen gefeilt, zwei Supramidfäden um den Knochen herumgeführt und in die beiden Rinnen eingelagert.

In der Übersicht ergeben sich also folgende Versuchsreihen:

A.) Weichteilversuche

1) Supramidfadeneinpflanzung.

- a) Laufzeit 3 Tage
- b) Laufzeit 8 Tage
- c) Laufzeit 3 Monate
- d) Laufzeit 6 Monate

2) Seidenfadeneinpflanzung.

Laufzeit 6 Monate

B.) Knochenversuche

1) Subperiostale Knochenrinne + Supramidumschlingung

Laufzeit 3 Monate, 1 Schlinge

2) Beseitigung des Periosts auf Fadendicke + Supramidumschlingung

Laufzeit 3 Monate, 2 Schlingen

3) Transperiostale Knochenrinne + Supramidumschlingung

Laufzeit 3 Monate, 2 Schlingen

4) Transperiostale Knochenrinne + Supramidumschlingung

Laufzeit 6 Monate, 1 Schlinge

5) Beseitigung des Periosts auf weite Strecken, Knochenrinnen + Supramidumschlingung

Laufzeit 3 Monate, 2 Schlingen.

c) Histologische Technik

Die Tiere wurden nach der entsprechenden Zeit, durch Überdosierung mit Äther getötet, die Stellen, an denen Supramidfäden lagen einschließlich des umgebenden Gewebes, herausgenommen und sofort in 10 % Formalin eingelegt. Die weiteren histologischen Arbeiten konnte ich dank des freundlichen Entgegenkommens von Herrn Professor Dr. SINGER am Pathologischen Institut des Krankenhauses München-Schwabing durchführen. Ich möchte Herrn Professor Dr. SINGER, Herrn OA Privatdozent Dr. STAMPFL und seinen Mitarbeitern an dieser Stelle nochmals für die freundliche Beratung und Unterstützung danken.

Nach 5-tägiger Fixierung in Formalin wurde ein Teil der Knochenpräparate in 10 % Salpetersäure entkalkt, anschließend in 10 % Kali-Alaun eingelegt und schließlich gewässert. Der größte Teil der Präparate wurde jedoch elektrolytisch entkalkt. Dabei ging in folgendermaßen vor:

Die Knochen wurden zwischen zwei Platinelektroden in eine Lösung aus:

50 ccm 25 % Salzsäure
2000 ccm 25 % Ameisensäure
750 ccm Aqua dest.

eingelegt, an die Elektroden Spannung angelegt und solange entkalkt, bis die Knochen schneideweich waren, was ca. nach 30 Stunden der Fall war. Dann wurden sie in 5 % Natrium sulfuricum neutralisiert, gewässert und wieder in Formalin eingelegt.

Von einem Teil der Präparate wurden nun Gefrierschnitte hergestellt, der größte Teil aber in 50 %, dann in 70 % Alkohol ausgewaschen, in 96 % und abs. Alkohol je 24 Stunden entwässert, jeweils 2 Stunden in Benzol I und Benzol II eingelegt und schließlich nach 2-stündiger Einlagerung in gesättigtes Benzol-Paraffin und Hartparaffin im Wärmeschrank, in Hartparaffin eingebettet.

Nun wurden von den Knochen Serienschritte von ca. 12 μ Dicke hergestellt, von den Weichteilen aus verschiedenen Tiefen je einige Schnitte. Die Schnitte wurden zur Hälfte nach van Gieson, zur Hälfte nach Häkalaun-Eosin gefärbt. Dabei ergab es sich, daß für die Weichteilschnitte und für die mit Salpetersäure entkalkten Schnitte die üblichen Färbezeiten ausreichend waren, während sich bei den elektrolytisch entkalkten Knochen in dieser Zeit die Kerne fast nicht anfärbten. Anscheinend schädigt die elektrolytische Methode also irgendwie die Kernsubstanzen. Es wurden die Färbezeiten folgendermaßen variiert:

Xylol	10 Minuten
Alkohol 96 %	5 Minuten
Alkohol 70 %	2 Minuten
Wässern	kurz
a) van Gieson:	
van Gieson I	15 Minuten
Wässern	5 Minuten
van Gieson II	5 Minuten
Wässern	kurz
b) Häkalaun-Eosin:	
Häkalaun	30 Minuten
Bläuen in H ₂ O	30 Minuten
Eosin	0,5 "
Wässern	kurz
Alkohol 70 %	durchspülen
Alkohol 90 %	durchspülen
Alkohol 96 %	5 Minuten
Carbolxylol	durchspülen

Einbetten in Caedax.

d) Histologischer Befund

Schon makroskopisch fiel die Reizlosigkeit um die Stichkanäle in der Haut auf. Die Wunden heilten rasch und reaktionslos. Bei der Schlachtung zeigte sich auch in der Aponeurose der Fascien und in der Muskulatur makroskopisch eine völlig reizlose Einheilung. Nur bei einigen Tieren waren durch hineingefallene Haarreste auf dem Muskel Entzündungserscheinungen zu sehen, auf die auch einige Fremdkörperriesenzellen in den oberflächlichsten Teilen dieser Muskeln zurückzuführen sein dürften.

Mikroskopisch zeigte sich in der Muskulatur nach 3 Tagen eine geringe entzündliche Reaktion. Die Umgebung eines Fadens ist fast völlig reaktionslos geblieben, um die anderen Fäden haben sich geringe vorwiegend histio- teils auch lymphocytäre Infiltrate gebildet. Eine leucocytäre Reaktion ist nicht zu beobachten.

Nach 8 Tagen zeigt sich eine geringe, vorwiegend histiocytäre Wucherung um die Fäden. Es hat sich ein feinfaseriges, kollagenfreies Bindegewebsnetz darum entwickelt; im oberflächlichen Teil einzelne Fremdkörperriesenzellen, nur wenige Lymphocyten fast keine Leucocyten. Die Kapillaren sind erweitert.

Nach 3 Monaten findet sich in der unmittelbaren Umgebung der Fäden ein schmaler Saum von zellreichem und noch faserarmen Bindegewebe. Es besteht noch keine ganz scharfe Abgrenzung gegen die Umgebung. In den fadennächsten Abschnitten finden sich noch geringe, zum Teil leucocytäre Entzündungserscheinungen, während die fadenfernen Abschnitte des Muskels völlig entzündungsfrei sind.

Nach 6 Monaten zeigt sich schließlich nur mehr ein schmaler kapselartiger Bindegewebsaum um die Fäden. Es ist keine Fremdkörperreaktion mehr zu beobachten.

Die zum Vergleich durchgeführten Versuche mit Seide zeigten nach 6 Monaten zahlreiche Fremdkörperriesenzellen in der Umgebung der Seidenfäden. Es zeigt sich außerdem eine starke histiocytäre Wuche-

rung und mäßige Entwicklung von kollagenem Bindegewebe. Die Begrenzung gegen die Umgebung ist unscharf. Einzelne Seidenfäden sind von Fremdkörperriesenzellen direkt umschlossen.

Die Reaktion der Haut stellt sich noch günstiger dar. Hier waren die Fäden schon nach 8 Tagen von einer völlig reaktionslosen Kapsel umgeben.

Bei den Knochenversuchen ergaben sich folgende Befunde:

ad B. 1.) Der Faden liegt völlig reaktionslos in der Knochenkompakta, von allen Seiten von dieser umgeben. Weder in der aller-nächsten Umgebung des Fadens, noch in den weiter entfernten Bezirken ist irgendeine auffällige Reaktion festzustellen. An einer Stelle zeigt sich eine geringe lokale Verdickung des Knochens gegen den Markraum zu.

ad B. 2.) Makroskopisch sieht man hier zwischen den beiden Fäden wenig gelblich-schmierigen Belag. Mikroskopisch zeigt sich, daß der eine Faden von einem corticalen Knochensaum umwuchert ist. In der Umgebung des Fadens findet sich keine auffällige Reaktion. Der andere Faden ist an der Oberfläche noch von Corticalis überwuchert, stattdessen findet sich ein zellreiches Granulationsgewebe. Der Bereich zwischen den beiden Fäden zeigt eine keilförmige Dickenzunahme von dem einen Faden, dem eine knöcherne Umwachsung noch fehlt, gegen den anderen von Knochen umwachsenen, reaktionslosen Faden zu. Auf der Oberfläche des Knochens, zwischen den beiden Fäden hat sich entzündliches Granulationsgewebe gebildet, das gegen den Knochen zu undeutlich abgegrenzt ist.

ad B. 3.) Hier zeigt sich ebenfalls makroskopisch zwischen den beiden Fäden ein geringer gelblich-schmieriger Belag. Mikroskopisch sind die Fäden völlig reaktionslos von Knochengewebe umgeben. Zwischen den Fäden findet sich Auflagerung von vernarbendem Granulationsgewebe. An der Oberfläche ist die entzündliche Reaktion nur mehr gering. Im Bindegewebe sieht man kleine Nekrosen. Am Knochen selbst aber sind keine nekrotischen Veränderungen festzustellen.

ad B. 4.) Makroskopisch ist der Knochen völlig reizlos. Mikroskopisch ist die Gefäßbildung in der unmittelbaren Umgebung um den Faden etwas vermehrt. Der Knochen selbst zeigt einen dichten strukturellen Umbau in Form einer Lamellenbildung circulär um den Faden. An der Oberfläche der Corticalis zeigt sich eine kleine Spornbildung. In der Umgebung ist keine Reaktion bemerkbar.

ad B. 5.) Makroskopisch ist das Knochenstück unauffällig. Mikroskopisch ist der eine Faden völlig von Knochengewebe umgeben, die oberflächliche Knochenlamelle aber ist sehr dünn, unterscheidet sich in ihrer Struktur aber nicht von der des umgebenden Knochens. Den anderen Faden umschließt bindegewebige Kallusbildung, aber auch diese ist an der Oberfläche schon von einer ganz dünnen Knochenlamelle überzogen. Gegen den Markraum zu ist die Corticalis deutlich verdickt; hier besteht eine stärkere Ausbildung von spongiös gebautem Knochen, der pilzförmig in den Knochenmarkraum hineinragt.

e) Auswertung

Vergleicht man die anfangs nur geringe in späteren Stadien völlig fehlende entzündliche Reaktion der Supramidfäden in den Weichteilgeweben, mit der stark entzündlichen Reaktion der bisher verwandten chirurgischen Nahtmaterialien, so scheint das Supramid diesen weit überlegen zu sein. Es wäre noch zu bemerken, daß bei völlig steriler Operationstechnik, die bei uns durch die große Zahl der Versuchstiere und die uns zu Verfügung stehenden Mittel nicht ganz möglich war, die anfänglichen, nur geringen entzündlichen Erscheinungen noch weiter einzuschränken wären.

Auch in sämtlichen Knochen ist der Faden völlig reizlos eingeeilt. Der Knochen zeigt weder in der näheren, noch weiteren Umgebung entzündliche Erscheinungen oder aber gar Abbauerscheinungen. Der Supramidfaden ist also durchaus geeignet, in Knochengewebe eingepflanzt zu werden, wie das in der Praxis für Patellafrakturen, Zerreißungen im Acromio-Claviculargelenk, für Anlegen von Knochen-

spänen und vor allem auch für Schräg- und Spiralbrüche der langen Röhrenknochen in Frage kommt. Hier ist aber für die Praxis hinzuzufügen, daß den Versuchsergebnissen nach das Periost zu berücksichtigen ist. Versuch B.2.) bei dem durch die Beseitigung des Periosts an 2 Stellen auf Fadendicke das zwischen den Fäden liegende Perioststück von seiner Umgebung abgetrennt wurde, ergab zwischen den Fäden entzündliches Granulationsgewebe. Als Nebebefund ist hier interessant, daß, obwohl bei diesem Versuch keine Knochenrinne gefeilt wurde, der Faden nach 3 Monaten von Knochen umgeben war. Es hat also offensichtlich der Reiz der Periostdurchtrennung genügt, um die Knochenbildung um den Faden zu veranlassen. Bei Versuch B. 3) wurde ebenfalls durch die Versuchsanordnung ein Perioststück von der Umgebung abgeschnitten und es zeigte sich auch hier zwischen den beiden Fäden an der Knochenoberfläche Auflagerung von vernarbendem Granulationsgewebe mit auch nach 3 Monaten noch geringer entzündlicher Reaktion und kleinen Nekrosen. Bei Versuch B.4.), bei dem die Versuchsanordnung die gleiche war, wie bei B.3.), mit dem Unterschied, daß hier nur eine Rinne gefeilt wurde, also kein Perioststück von seiner Umgebung abgetrennt wurde, zeigte sich auf dem Knochen keinerlei Anhaltspunkt für eine entzündliche Reaktion. Bei Versuch B. 5.), bei dem das Periost auf weite Strecke abgeschoben war, also auch kein Perioststück durch die beiden Fäden abgetrennt war, ergab sich auf dem Knochen keinerlei entzündliche Reaktion. Die Knochenlamelle war hier bei fehlendem Periost über dem Faden sehr dünn, es zeigte sich aber vom Knochenmarkraum her eine verstärkte ossäre Regeneration. Bei subperiostaler Einlagerung waren auch keine Entzündungserscheinungen zu bemerken (B. 1.). Bei der praktischen Anwendung des Supramids als Cerclagematerial wäre es also zu vermeiden, Perioststücke von ihrer Umgebung abzutrennen, was praktisch bei transperiostalem und bei epiperiostalem Vorgehen in Frage käme. Die epiperiostale Umschlingung dürfte nämlich dem Versuch B. 2.) gleichkommen, da durch die große Elastizität des Fadens bei straffer Umschlingung dieser das Periost durchdrückt. Die durch die Abschneidung des Perioststückes erfolgende entzündliche Reaktion könnte ja doch auch einmal auf das Knochengewebe übergreifen und dort zur Nekrose und zum Knochenabbau führen. Vielleicht ist das die Ursache, warum SCHWAIGER einige Male Mißerfolge bei

der Supramidumschlingung sah. Er führte nämlich auch epiperiostale Umschlingungen durch. (+) Die Methode der Wahl wäre also das subperiostale Vorgehen, bei dem weder ein Perioststück abgetrennt wird, noch das Periost, das bei der Knochenbildung sicher eine Rolle spielt, (siehe Versuch B. 2.) entfernt wird. Zur Stützung dieser Ergebnisse wird im klinischen Teil noch über Fälle am Menschen berichtet, bei denen subperiostal vorgegangen wurde.

+) Persönliche Mitteilung von Herrn Prof. SCHWAIGER.

f) Cancerogenität?

Eine der wichtigsten Fragen bei der Einpflanzung eines Stoffes in den Körper ist zweifellos die: kann er Carcinome oder Sarkome erzeugen? Hierzu ist zu sagen, daß wir bei keinem der Tiere einen malignen Tumor feststellen konnten. Bei kritischer Betrachtung ist aber hinzuzufügen, daß auch die maximale Laufzeit der Versuche von 6 Monaten noch zu kurz ist, um hierüber definitive und sichere Aussagen machen zu können. Es liegen aber Untersuchungen von SCHUBERT und UHLMANN vor, in denen die Verfasser bei Benutzung von fädigem Material, auch auf lange Zeit keine malignen Geschwülste sahen und ANSTETT konnte auch bei dichter Lagerung im Knäuel bei 199 Ratten kein einziges Sarkom feststellen.

Anders dagegen verhält es sich bei der Einlagerung von größeren Stücken. So sahen OPPENHEIMER und Mitarbeiter bei Einpflanzung von 1,5 cm im Durchmesser messenden Nylonfilmen in 27% Sarkome bei glatten Folien, in 6,5% bei multipel perforierten Folien. Das Nylon ist ja auch ein Polyamid und dem Supramid nahe verwandt. Es gelang dieser Forschergruppe, auch mittels radioaktivem C^{14} , mit dem sie Kunststoffe markierten, nachzuweisen, daß entgegen den bisherigen Anschauungen, die ja der Meinung waren, daß diese hochpolymeren Kunststoffe vollkommen unlöslich seien, diese doch in kleinsten Mengen in Lösung gehen und im Harn der Tiere erscheinen. Dabei liegt zwischen der Einpflanzung und dem ersten Auftreten von radioaktiven Abbauprodukten im Harn eine Latenzzeit, je nach Stoff von 21 - 54 Wochen. Bei Entfernung des Films verschwand die Radioaktivität sofort wieder. Es ist allerdings hinzuzufügen, daß hier keine speziellen

Untersuchungen über Supramid vorliegen, sondern über Polyttyrene, Polyäthylene und Polymethylacrylate. Es ist aber nicht auszuschließen, daß auch beim Supramid kleinste Mengen in Lösung gehen. OPPENHEIMER hält es für wahrscheinlich, daß dadurch Sarkome entstehen könnten, vielleicht auf dem Umweg, daß beim Abbau reaktive Zentren an der Oberfläche entstehen, die mit den Nukleinsäuren in chemische Reaktion treten könnten. Eventuell carcinogene Faktoren durch Zusätze zu den kommerziellen Produkten, wie Stabilisierungsmittel, Katalysatoren oder aber auch Monomere des Stoffes schloß OPPENHEIMER dadurch aus, daß er speziell gereinigte Präparate verwandte und mit diesen genau die gleiche Anzahl Tumoren erhielt, als mit ungereinigten. Die Wirkung der Monomeren studierte er dadurch, daß er Mäuse z.B. längere Zeit mit Hexamethyldiamin, einem Grundbaustein des Nylons einpinselte und damit keinerlei Tumoren erhielt. DRUCKREY hält an der Oberfläche zur Wirkung kommende Restvalenzkräfte, die ja auch beim Supramid vorhanden sind, möglicherweise für einen cancerogenen Faktor.

Uns erscheint aber eine chemische Wirkung ziemlich unwahrscheinlich zu sein, da die Tumorausbeute bei vielfach perforierten Folien viel geringer ist als bei glatten. Bei den perforierten Folien ist aber die Oberfläche, die mit dem umgebenden Gewebe in Reaktion treten kann, viel größer als bei den glatten, die Löslichkeit und die Wahrscheinlichkeit einer Wechselwirkung Polykondensationsprodukt - Gewebe also bedeutend größer. Es dürfte also mehr eine mechanische Noxe die Ursache sein, zumal da Scheibchen aus Elfenbein, Silber, Gold und Platin ebenfalls Tumoren erzeugen. Auch NOTHDURFT fand bei seinen Experimenten Ausbeuteunterschiede mit Implantaten verschiedener Form aus dem selben Material, dagegen quantitative Übereinstimmung der Ergebnisse mit Implantaten derselben Form verschiedenen Materials.

Ein Gegenargument wäre hier, daß Glasplättchen und Zinnfolien keine Tumoren erzeugen. Hier müssen erst noch zahlreiche gezielte experimentelle Arbeiten Aufklärung bringen. Sicher scheint aber zu sein, daß fädiges Material keine Tumoren erzeugt, Supramidfäden also unbedenklich in der Medizin verwandt werden können, mit der Einschränkung, daß tierexperimentelle Ergebnisse ja nicht unbedingt

beim Menschen die gleichen sein müssen. Aber auch in vielen schon mehrere Jahre zurückliegenden Fällen am Menschen, bei denen Supramidfäden verwandt wurden, sahen wir nie Tumoren in der Umgebung entstehen. Bei Verwendung von größeren Supramidstücken wäre die multiple Durchbohrung des Stückes zu empfehlen, wenngleich uns auch hier kein Fall der Tumorentstehung beim Menschen in der Literatur bekannt wurde.

KLINISCHER TEIL

Im folgenden Teil berichte ich über die praktische Anwendung der Supramidumschlingung bei Knochenbrüchen am Menschen.

a) Vorteile

Man kann geteilter Meinung sein, ob man grundsätzlich jeden Schräg- und Spiralbruch, für die ja eine Behandlung mittels Umschlingung hauptsächlich in Frage käme, operativ stellen soll. Sicher ist aber, daß eine Reihe dieser Brüche konservativ nicht gestellt werden kann, sei es nun, daß dies an der Art des Bruches liegt oder aber an eingeklemmten Weichteilmassen. Es ist trotz moderner Asepsis und trotz der Antibiotica auch heute noch eine gewisse Infektionsgefahr bei operativer Freilegung eines Knochenbruchs gegeben. Dazu kommt noch die Narkosebelastung und die Narbe, die vielleicht in manchen Fällen eine Rolle spielen mag. Demgegenüber aber hat die operative Stellung viele Vorteile, wie z.B. die exakte Einstellungsmöglichkeit. Dadurch entfällt eine Verkürzung und Fehlstellung der Achse mit ihren späteren Folgen auf benachbarte und entferntere Gelenke. Auch die Ausbildung von Brückencallus ist meist zu vermeiden. Ebenso erübrigen sich, die bei konservativer Behandlung oft notwendig werden- den Nachrepositionen. Die schädlichen Scherkräfte werden hier in Druckkräfte umgewandelt. Es kommt schneller zu Schmerzfreiheit. Pflege und Liegezeit verringern sich der Drahtextension gegenüber beträchtlich. Dadurch können die Gefahren von langem Liegen, wie Embolien, hypostatische Pneumonien und Decubitalgeschwüre vermindert werden. Die Nachbehandlung vereinfacht sich. Auch die Wirtschaftlichkeit durch verkürzten Krankenhausaufenthalt ist ein durchaus erwähnenswerter Faktor. Durchblutungsstörungen sind seltener als bei konservativer Behandlung.

Zu diesen Vorzügen, die ja auch die Drahtserclage hat, kommen bei der Supramidumschlingung noch einige weitere Vorteile. Gegenüber dem starren Draht verkürzt und vereinfacht sich technisch die Operation mit dem biegsamen und doch sehr zugfesten Supramidfäden. Die Entfernung der Fäden entfällt, da sie völlig reizlos im Knochen liegen, während bei Draht durch später auftretende Schmerzen oft die Entfernung notwendig wird. Manche Mißerfolge, die bei der Drahtserclage beschrieben wurden, wie Spontanfrakturen an den Umschlingungsstellen, Pseudarthrosenbildungen und Abbauvorgänge am Knochen sind wahrscheinlich auf mangelhafte Technik zurückzuführen. Doch sind sicher auch Fälle durch andere Faktoren bedingt, wie z.B. elektrolytische Vorgänge und die dadurch entstehende Wärme. Diese chemischen und elektrischen Kräfte führen dann auch zum Knochenabbau. Man versuchte mit Legierungen, diese Kräfte zu vermeiden und kam so zum Vitallium (Kobalt, Chrom, Molybdän). OPPENHEIMER aber berichtet in seinen Arbeiten von einem durch Vitallium experimentell erzeugtem Osteosarkom. Beim Supramid dagegen treten weder elektrische noch chemische Wirkungen auf.

Überzeugender aber als theoretische Überlegungen sind die praktischen Ergebnisse. Ich berichte in folgendem über 27 Fälle der letzten 2 $\frac{1}{2}$ Jahre aus dem Städt. Krankenhaus Passau, Operateur Priv.Do. Dr. F.SCHEDEL.

b) Technik

Nach Freilegung des Bruches wurde zunächst das Periost längs gespalten und vorsichtig abgehoben. Dann wurden, fast immer interponierte Weichteile, beseitigt, die Fraktur gestellt und mittels Lambottzange fixiert.

Unmittelbar neben der Lambottzange und an den Fraktarenden wurden circuläre Knochenrillen gefeilt, in diese Rillen je ein Supramidfaden gelegt und unter Zug dreifach geknüpft. Zur Herumführung des Fadens um den Knochen wurde eine deschampsförmige Zange, eine Spezialanfertigung der Firma ULRICH-Ulm benützt. Zum Schluß wurde

das Periost wieder darübergezogen und vernäht. Das beim Feilen der Rillen entstehende Knochenmehl dürfte die Callusbildung fördern. Ob aber dem Supramid eine spezifisch induzierende Kraft für die Callusbildung zukommt, möchte ich wegen seiner großen Reizlosigkeit und seiner chemischen Indifferenz bezweifeln. Callusbildung wird ja nach KÜNTSCHER durch den Vorgang der Entzündung verursacht. Wichtig erscheint uns die feste Fixation der Bruchenden, damit es durch kleinste Wackelbewegungen nicht zur Zerreißung der ausgesproßten Kapillaren kommt. Es wurden deshalb je nach Bruch 4 bis 6 Fäden verwandt. Alle Frakturen wurden im Anschluß an die Operation im gepolsterten Gipsverband ruhiggestellt und für drei Tage täglich 400 000 E Fortecillin gegeben. Nach 14 Tagen wurden der Gips und die Hautnähte entfernt, erneut ein ungepolsterter Gipsverband angelegt und mit Lagerungsgymnastik des verletzten Glieds begonnen.

c) Ergebnisse

Der jüngste so behandelte Patient war 2 $\frac{1}{2}$ Jahre, der älteste 67 Jahre. Im einzelnen teilen sich die 27 behandelten Fälle so auf:

Oberschenkelbrüche (b. Kindern)	5
Unterschenkelbrüche	19
Patellafrakturen	3

Die Patienten wurden rasch beschwerdefrei und konnten zwischen 14 Tagen und 4 Wochen aus dem Krankenhaus entlassen werden. Eine Sudeck'sche Atrophie trat nicht öfter auf als bei konservativer Behandlung.

Die Patienten konnten größtenteils auch nach der Entlassung in regelmäßigen Abständen geröntgt werden. Dabei konnten weder bei der Heilung noch später Abbauvorgänge an den Umschlingungsstellen festgestellt werden.

ZUSAMMENFASSUNG

In Anbetracht dieser günstigen klinischen Befunde und gestützt auf die tierexperimentellen Ergebnisse glaube ich, daß die Supramidfäden sowohl als Cerclagematerial, als auch als Nahtmaterial den bisher verwandten Materialien überlegen sind und daß man sie mit Recht empfehlen kann.

LITERATURVERZEICHNIS

- Augustin, E.: "Beitrag zum Verhalten von Supramid als Nahtmaterial im Gewebe".
Dtsch. Med. Wochenschr. 1952, 77. Jahrg., S. 503
- Bartholome, H.: "Über aseptische Operationen mit Supramid-Extra-Fäden".
Zentralbl. f. Chir. 1951, 76. Jahrg., Heft 3
- Bauer, K.H.: "Erfahrungen mit der Knochennaht nach MAGNUS".
Chirurg 4. Jahrg. 1932, H. 9, S. 353
- Cibis, P.: "Alloplastiken in der Augenheilkunde mit Supramid".
Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde Bd. 112, Nr. 3, S. 75 - 79
- Druckrey, H. und D. Schmähl:
Z. Naturforsch. 9b, 529 (1954)
- Kayser, H.W.: "Die Verwendung von Supramid in der Frauenheilkunde".
Z. Geburtshilfe und Frauenheilkunde 1951, Jahrg. 11/1, S. 75
- Koelsch, K.A.: "Experimentelle Studie über Kallusbildung bei Anwesenheit von Fremdkörpern".
Dtsch. Z. Chir. 246. 641-665 (1936)
- Küntscher, G.: "Die Ursachen der Kallusbildung bei der Frakturheilung".
Bruns Beiträge zur klinischen Chirurgie 191 (1955), S. 189

- Leemann, R.A.: "Die Falzcerclage als technische Verbesserung der Drahtumschlingung bei Brüchen der langen Röhrenknochen".
Chirurg 28, 60 - 64 (1957)
- Linder, F. und Schwaiger, M.: "Supramid ein neuer Kunststoff in der Chirurgie"
Chir. 17/18 (1947) 15, 675
- Nothdurft, H.S.: Strahlentherapie 100, 192 (1956)
- Oppenheimer, B.S., Oppenheimer, E.T., Danishefsky, I., Stout, A.P., Eirich, F.R. and M. Willhite:
Cancer Res. 15, 333 (1955)
Cancer Res. 16, 439 (1956)
- Oberdallhoff: "Experimentelle und klinische Studien zur Frage der Knochenregeneration.
Ein Beitrag zur Pseudarthrosenbildung".
Arch.Klin.Chir. und Dtsch.Z.Chir.
260/109 - 150 (1947)
- Olsson, O.: "Some cases of necrosis of the bone by encircling sutures in oblique fractures".
Acta chir. scand. (Stockh.) 99, 85 - 95
(1949)
- Schedel, F.: "Supramidumschling".
Chirurg Januar 1958
- Schwaiger, M.: "Kurze Bemerkung zur Frakturcerclage mit Kunststoff".
Chirurg 24, S. 260 - 261 (1953)
- Simon, L.: "Ein neues chirurgisches Näh- und Unterbindungsmaterial".
Chirurg 17/18 (1947) H. 15, S. 673

- Usadel, G.: "Die primäre temporäre Drahtumschlingung der subcutanen Spiralfaktur".
Chirurg Jahrg. 21 (1950)
- Venable, S. and Watter, G., Stuck:
"Electrolysis controlling factor in the use of metals in treating fractures".
Zentr.Organ Band 91, S. 4440
- Witt, N.: "Die Drahtumschlingung der Unterschenkel-spiral- und Schrägbrüche".
Langenbecks Arch.u.Dtsch.Z.Chir.
276, 232 - 234 (1953).

LEBENS LAUF

Am 23. August 1933 wurde ich als Sohn des Arztes Dr. med. Franz Xaver Sailer und seiner Ehefrau Anna, geborene Gaul, in Niederpörling, Kreis Vilshofen, geboren.

Von 1940 - 1944 besuchte ich die Volksschule in Landshut, von 1944 - 1953 das humanistische Gymnasium in Landshut. Im Juni 1953 legte ich hier die Reifeprüfung ab.

Im Wintersemester 1953/54 begann ich an der Universität in München mit dem Medizinstudium und legte dort am 1.3.1956 die ärztliche Vorprüfung ab. Im 8.Semester studierte ich in Hamburg, anschließend wieder in München.

Den Krankenpflagedienst leistete ich im Städtischen Krankenhaus in Landshut ab. 3 Monate arbeitete ich im Isotopenlabor der Universitäts-Poliklinik München, 2 Monate famulierte ich am Städtischen Krankenhaus in Landshut auf der Inneren Abteilung, 2 Monate am Städtischen Krankenhaus in Passau auf der Chirurgischen Abteilung, 2 Monate am Kreiskrankenhaus Waldsassen.

Am 6.6.1959 beendete ich das Staatsexamen an der Ludwig-Maximilians-Universität in München.

